

УДК 697.34

О. М. МАЛЯВИНА

Харківська національна академія міського господарства, м. Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІВ ПОШКОДЖЕНЬ ТРУБОПРОВОДІВ РОЗПОДІЛЬЧИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Исследуются зависимости параметра потока отказов, времени наработки на отказ и вероятности безотказной работы от срока эксплуатации и вида повреждений трубопроводов распределительных тепловых сетей методами статистического моделирования.

Ключевые слова: повреждения, свищ, порыв, задвижка, трубопровод, эксплуатация, тепловые сети, параметр потока отказов, время наработки на отказ, вероятность безотказной работы.

Досліджуються залежності параметру потоку відмов, часу напрацювання на відмову і імовірності безвідмовної роботи від строку експлуатації і виду пошкоджень трубопроводів розподільчих теплових мереж методами статистичного моделювання.

Ключові слова: пошкодження, свищ, порив, засувка, трубопровід, експлуатація, теплові мережі, параметр потоку відмов, час напрацювання на відмову, імовірність безвідмовної роботи

Вступ

Надійна і ефективна робота теплових мереж неможлива без ефективного попередження, виявлення і скорішого усунення пошкоджень трубопроводів.

До основних пошкоджень трубопроводів теплових мереж відносяться свищі, пориви, пошкодження засувки і інші пошкодження: пошкодження компенсаторів, теплових камер, випускників повітря, водовипускників та ін.

Розподіл видів пошкоджень трубопроводів розподільчих теплових мереж і їх динаміка дозволяє визначити основні причини, які знижують надійність теплових мереж і відповідно прийняти заходи щодо їх попередження, а також ефективно планувати заходи з технічного обслуговування і ремонту з визначенням необхідних матеріально-технічних ресурсів.

Із літературних джерел відомо наступний розподіл видів пошкоджуваності трубопроводів теплових мереж:

- кількість свищів 87–93 % [1], 25 % [2], 66,7–83 % [3];
- кількість поривів 0,5–1 % [1], 0,8–7,6 % [2], 5–24 % [3];
- пошкодження засувки 1,8–7,25 % [3];
- інші пошкодження трубопроводів: сальникових компенсаторів 5–10 % [1], 11,9 % [4], спускників повітря 1,5–3 % [1], 6,4 % [4], 0,4–2,9 % [2].

Основною причиною пошкоджень теплових мереж є корозія при чому доля дії зовнішньої в середньому становить $\frac{3}{4}$ і $\frac{1}{4}$ внутрішньої [4–6].

Що стосується динаміки видів пошкоджень трубопроводів теплових мереж, то вона приведена за незначний період експлуатації [1], 1974–1972 і 1979–1981р.р.[3], а дослідження за 1981–1993р.р. (13 років) [4] суворо не співвідносились до періоду експлуатації.

Таким чином: необхідно:

- уточнити розподіл видів пошкоджень теплових мереж;
- дослідити динаміку зміни пошкоджень теплових мереж за значний період їх експлуатації;
- отримати статистичні моделі залежності видів пошкоджень теплових мереж від строку їх експлуатації.

Основна частина

Надійність ремонтуємих трубопроводів теплових мереж визначається параметром потоку відмов ω , міжремонтним часом τ_p та імовірністю безвідмовної роботи $P(t)$ [3].

Параметр потоку відмов ω , визначається:

$$\omega = n/L, 1/\text{км}\cdot\text{рік} \quad (1)$$

де: n – число відмов за певний проміжок часу;

L – довжина теплопроводів, км

Час напрацювання на відмову t_p , визначається:

$$t_p = 1/\omega, \text{км}\cdot\text{рік} \quad (2)$$

Імовірність безвідмовної роботи на кожний рік експлуатації має вигляд:

$$P(t) = e^{-1\omega} \quad (3)$$

де: e – основа натурального логарифма.

Як видно з наведених вище залежностей, основним показником надійності є параметр потоку відмов ω , на базі якого визначаються t_p і $P(t)$.

У зв'язку з тим, що на пошкоджуваність теплових мереж впливає значна кількість факторів, оцінити вплив кожного з них і в комплексі дуже важко, то доцільно використовувати статистичне моделювання, яке враховує вплив всіх факторів на показники надійності.

Для одержання статистичних моделей показників надійності розподільчих теплових мереж були використані дані по пошкоджуваності теплопроводів за період 2003-2005р.р., довжиною 703,2 км, діаметрами 57-219мм, побудованих у 1968-1996р.р., підключених до 84 ЦТП КП ХТМ, з використанням методик [7-8].

Графічні залежності параметру потоку відмов для пошкоджень теплових мереж від строку експлуатації, а конкретно свища, пориву, пошкоджень засувки і інших пошкоджень приведені на рис. 1.

Свищі складають основну частину пошкоджень трубопроводів і відповідна динаміка параметру потоку відмов приведена на рис. 1 відповідає динаміці параметру потоку відмов загальних пошкоджень теплопроводів [9].

Як видно із рис. 1. залежність параметру відмов від строку експлуатації має три періоди:

I період збільшення параметру потоку відмов з 9 до 20–23 років;

II період зменшення параметру потоку відмов в період від 20–23 до 30–33 років;

III період стрімкого збільшення параметру потоку відмов з 30–33 до 36 років та імовірно і в подальшому.

Поступове збільшення параметру потоку відмов в I періоді пояснюється комплексним впливом руйнуючих факторів основним з яких є корозія, особливо на ділянках, де її дія є максимальною і при наявності скритих дефектів в матеріалі труб на цих ділянках [1, 3, 10]. В результаті дії корозії з часом зменшується товщина стінки труби. Максимального значення параметр потоку відмов у I періоді набуває в 20–23 роки, що близько до терміну експлуатації трубопроводів теплових мереж [11].

II період експлуатації характерний тим, що після досягнення терміну експлуатації трубопроводів проводиться капітальний ремонт найбільш пошкоджуваних ділянок, що приводить до зменшення параметру потоку відмов і досягнення при цьому його мінімального значення 30–33 роки експлуатації.

В подальшому для III періоду після 30–33 років експлуатації пошкоджуваність зростає за рахунок загального зменшення товщини стінок труб при їх корозії і більш інтенсивного при цьому впливу тиску теплоносія.

Значення параметру потоку відмов для свищів змінюється відповідно трьом періодам експлуатації теплопроводів: I період з 9 до 20–23 років $\min 0,151$ (1/км·рік), $\max 0,880$ (1/км·рік); II період з 20–23 до 30–33 років експлуатації $\max 0,880$ (1/км·рік), $\min 0,397$ (1/км·рік); III період з 30–33 до 36 років $\min 0,397$ (1/км·рік), $\max 1,056$ (1/км·рік).

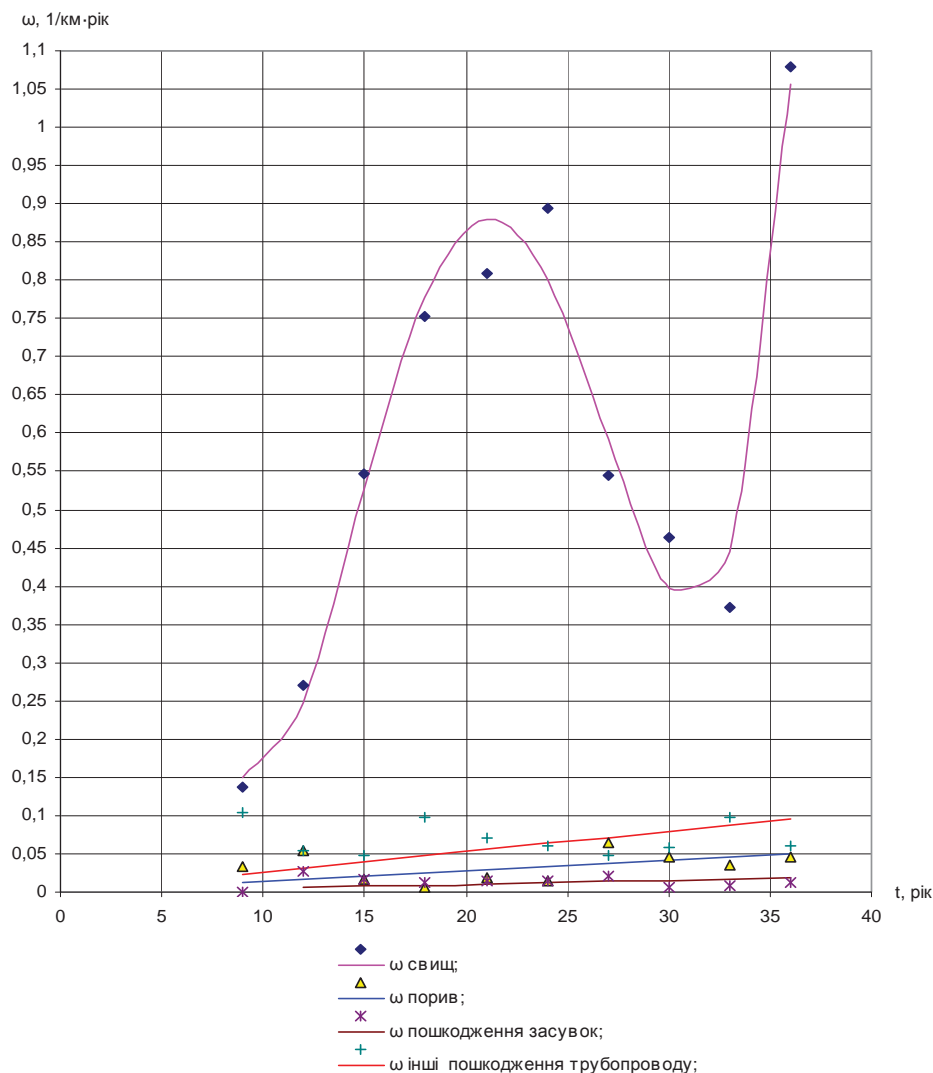


Рис.1. Залежність параметру потоку відмов для пошкоджень теплових мереж від строку експлуатації: свища, пориву, пошкоджень засувки і інших пошкоджень трубопроводів

Статистична модель залежності пошкоджень трубопроводів теплових мереж за рахунок свищів від строку експлуатації має вигляд:

$$\omega_c = 4,364 - 1,144 t + 0,105 t^2 - 0,0037 t^3 + 0,00005 t^4. \quad (4)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції: $R = 0,98$.

Коефіцієнт детермінації (нормуємий) $R^2 = 0,93$.

Стандартна помилка – $S = 0,076$.

Значимість параметрів b_i – усі значимі.

Модель є адекватною з імовірністю $P = 0,95$.

Що стосується характеру залежності пошкоджень поривів, засувки і інших пошкоджень трубопроводів від строку експлуатації теплових мереж, то він відрізняється від динаміки пошкоджень, які характерні для свищів, при цьому їх кількість значно менша, ніж кількість свищів.

Пориви (розриви стінки труб і зварного шву), причинами яких є корозія [12–13], дефекти зварки і збільшення навантажень на трубопроводи [3], дефекти металу труб, перебільшення дозволеного тиску, теплове подовження труб [13], характеризуються динамікою зміни параметру потоку відмов, які приведені на рис.1.

Для поривів, як видно із рис. 1, характерне поступове збільшення параметру потоку відмов із збільшенням строку експлуатації теплопроводів.

При цьому мінімальне значення параметру потоку відмов приходить на 9 рік експлуатації і становить 0,0124 (1/км·рік), а максимальне значення – на 36 рік експлуатації трубопроводу 0,0497 (1/км·рік).

Це пояснюється тим, що поряд із збільшенням їх кількості за рахунок дії корозії, впливу тиску і температури теплоносія, в процесі експлуатації проходить заміна ділянок трубопроводів при ремонті, при цьому збільшується кількість та імовірність появи неякісних швів, особливо в місцях приварки нової ділянки труби до прокородированої з меншою товщиною стінки труби.

Статистична модель залежності поривів трубопроводів теплових мереж від строку їх експлуатації має вигляд:

$$\omega_n = 0,0014 t. \quad (5)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції: $R = 0,87$.

Коефіцієнт детермінації (нормуємий) $R^2 = 0,65$.

Стандартна помилка – $S = 0,019$.

Модель є адекватною з імовірністю $P = 0,95$.

Параметр потоку відмов засувки, як видно із рис. 1 пропорційно збільшується із збільшенням строку експлуатації трубопроводів теплових мереж і відповідно на 9 рік експлуатації набуває мінімального значення 0,0046 (1/км·рік), а максимального значення параметр потоку відмов досягає на 36 року експлуатації – 0,0186 (1/км·рік).

У зв'язку з тим, що основним чинником пошкоджень теплових мереж є корозія [2, 4, 6, 10], то результат її дії на стальний корпус і диски засувки внаслідок їх великої товщини не такий значний, як на труби.

Крім того, засувки розташовані в теплових камерах з меншою кількістю вологи, тому їх пошкоджуваність менша і зростає пропорційно виробки строку експлуатації в процесі спрацювання елементів, при цьому заміна засувки новими незначна.

Статистична модель залежності параметру потоку відмов засувки від строку їх експлуатації має вигляд:

$$\omega_3 = 0,00052 t. \quad (6)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції: $R = 0,81$.

Коефіцієнт детермінації (нормуємий) $R^2 = 0,55$.

Стандартна помилка – $S = 0,009$.

Модель є адекватною з імовірністю $P = 0,95$.

Залежність параметру потоку відмов інших пошкоджень трубопроводів теплових мереж: компенсаторів, водовитисківачів, повітривипускників, опор та ін., від строку експлуатації (рис.1) прямо пропорційна збільшенню останнього.

Мінімальне значення параметру потоку інших пошкоджень трубопроводу приходить на 9 рік експлуатації і становить 0,0239 (1/км·рік), а максимальне значення 0,0956 (1/км·рік) – на 36 рік експлуатації трубопроводу.

Це пояснюється тим, що строк служби вказаних пристроїв і їх елементів різний і різна інтенсивність впливу на них руйнуючих факторів. При цьому терміни ремонту і заміна вказаних пристроїв різні.

Результуючим значенням параметру потоку відмов вказаних пристроїв є збільшення параметру потоку відмов за рахунок, в основному, вироблення строку їх експлуатації під дією руйнуючих факторів.

Статистична модель залежності параметру потоку відмов інших пошкоджень (пристроїв) від строку їх експлуатації має наступний вигляд:

$$\omega_d = 0,0027 t. \quad (7)$$

Статистичні характеристики побудованої моделі:

Коефіцієнт кореляції: $R = 0,88$.

Коефіцієнт детермінації (нормуємий) $R^2 = 0,66$.

Стандартна помилка – $S = 0,036$.

Модель є адекватною з імовірністю $P = 0,95$.

Співвідношення розглянутих видів пошкоджень за результатами досліджень трубопроводів теплових мереж за період експлуатації 9-36 років приведений на рис. 2.

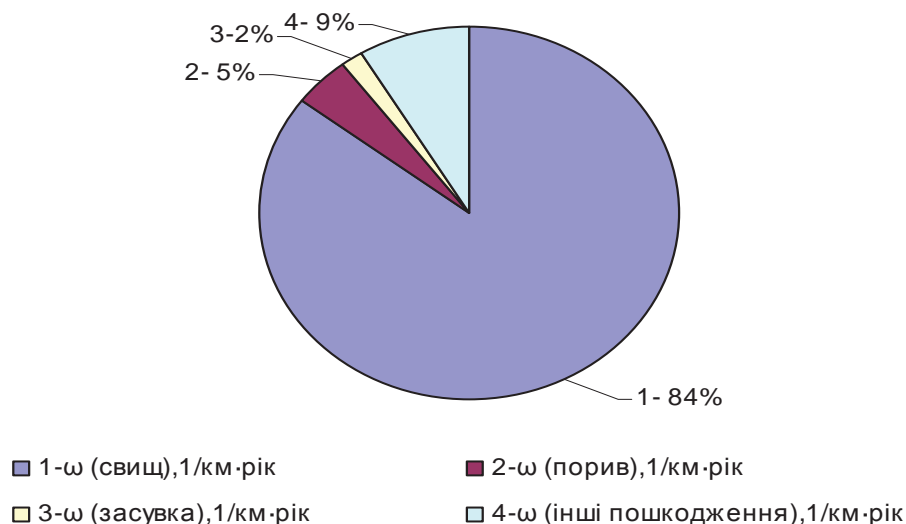


Рис. 2. Співвідношення параметру потоку відмов видів пошкоджень трубопроводів теплових мереж

Із рис.2 видно, що пошкодження трубопроводів теплових мереж діаметром 57–219 мм за дослідний період експлуатації розподіляються наступним чином: 84 % – свищі, 9 % – інші пошкодження трубопроводів, 5 % – пориви і 2 % – пошкодження засувки.

Це пояснюється питомою вагою кожного із розглянутих елементів теплових мереж і відповідно, імовірністю появи пошкоджень, умовами впливу руйнуючих факторів, а також обставинами їх експлуатації, які наведені вище.

Співставляючи отримані нами результати з результатами наведеними в літературних джерелах можна відмітити наступне: значення величини параметру потоку відмов і його динаміки для свищів, які складають основну частину пошкоджень теплопроводів, відповідають поясненням, наведеними для загальної пошкоджуваності, що підтверджує одержану нами для останньої тенденцію.

Співставлення відомих експериментальних даних динаміки параметру потоку відмов з одержаними результатами, показало, що характер зміни параметру потоку відмов, який був отриманий нами для I і II періоду співпадає з характером зміни параметру потоку відмов одержаних в [9, 14–15]. Динаміка потоку відмов одержаних [3], характеризується лінійним збільшенням параметру потоку відмов з збільшенням строку експлуатації, однак великий інтервал між експериментальними точками (37,5–26,5 = 11 років) не дає змоги коректно оцінити динаміку ω за вказаний період.

Збільшення пошкоджуваності теплопроводів з збільшенням строку експлуатації характерно в основному для більш коротких періодів експлуатації [1], або довгостроковому періоді експлуатації [3], коли часткове зменшення ω може не фіксуватись. Можливою причиною пояснення стійкого збільшення пошкоджуваності теплопроводів з збільшення строку експлуатації є виконання не в повній мірі планово-попереджувальних ремонтних робіт.

Максимальне значення параметру потоку відмов для I і II періоду експлуатації припадає на період 20–23 роки, що близько до максимальних значень вказаного показника в [10, 14, 16–17].

Збільшення пошкоджуваності поривів та інших пошкоджень трубопроводів із збільшенням строку експлуатації зафіксовано в [1, 3], що стосується пошкоджень засувок, то в роботі [3] відзначається їх зменшення із збільшенням строку експлуатації, а в роботі [2] не виявлено вказаної тенденції.

Значення величини параметру потоку відмов поривів за дослідний період експлуатації 9–36 років змінюється відповідно в межах 0,0124–0,0497, 1/км·рік, що більше середнього значення вказаного показника 0,005 [1]. Вказана відмінність може бути пояснена тим, що це значення отримано за результатами досліджень 2 років і тим, що при цьому розглядалося пошкодження трубопроводів по діаметрам [1].

Значення параметру потоку відмов засувок за результатами досліджень змінюється лінійно від 0,0046 (9 років експлуатації) до 0,0186 (36 рік експлуатації). Вказаний показник змінюється за 1969–1971рр. відповідно 0,008; 0,014, 0,015 1/км·рік [1] і 0,00121; 0,00084; 0,001203; 0,00048 1/км·рік відповідно 1974–1977 р.р. [3].

В першому випадку [1] значення параметру потоку відмов засувок корелюється з одержаними даними, а менше значення його [3] можна пояснити умовами експлуатації.

Співставляючи отримані дані по процентному відношенню параметру потоку відмов видів пошкоджень за період експлуатації 9–36 років (рис. 2) з літературними джерелами виявлено наступне.

Значення процентного співвідношення параметру потоку відмов свищів корелюється з відповідними даними (83–93 %) [1].

Пошкоджуваність за рахунок поривів більша за 0,5–1 % [1], корелюється з 4,9 % [2] і менша за 14,5 % [3].

Пошкоджуваність засувок в основному відповідає значенням 1,6% [2], і більше за 4,5% [3].

Інші пошкодження корелюються із значеннями 6,5–16 % [1] і трохи більші за 6,8 % [4] і 6,0 % [3].

Як видно, одержані результати знайшли підтвердження іншими літературними джерелами, а деякі відмінності можуть бути пояснені способами прокладання теплопроводів [2, 4] (безканальна з монолітною теплоізоляцією армобетоном) і умовами експлуатації трубопроводів діаметри яких (200–1400мм), що більше за діаметри розглянутих розподільчих (57–219мм), а також умовами отримання показників пошкоджуваності [3].

Важливим показником надійності трубопроводів теплових мереж є час напрацювання на відмову.

Статистична модель залежності часу напрацювання на відмову пошкоджень наступних видів: свищів, поривів, засувок та інших пошкоджень трубопроводу від строку експлуатації теплових мереж одержується шляхом введення в формулу (2) статистичних моделей параметру потоку відмов відповідних пошкоджень (4–7):

$$tp_{(c)} = \frac{1}{4,364 - 1,144t + 0,105t^2 - 0,0037t^3 + 0,00005t^4} \quad (8)$$

$$tp_{(n)} = \frac{1}{0,0014t} \quad (9)$$

$$tp_{(3)} = \frac{1}{0,00052t} \quad (10)$$

$$tp_{(i)} = \frac{1}{0,0027t} \quad (11)$$

На основі одержаних статистичних моделей побудований графік залежності часу напрацювання на відмову видів пошкоджень: свищів, поривів, засувок та інших пошкоджень трубопроводу від строку експлуатації теплових мереж, який наведений на рис. 3.

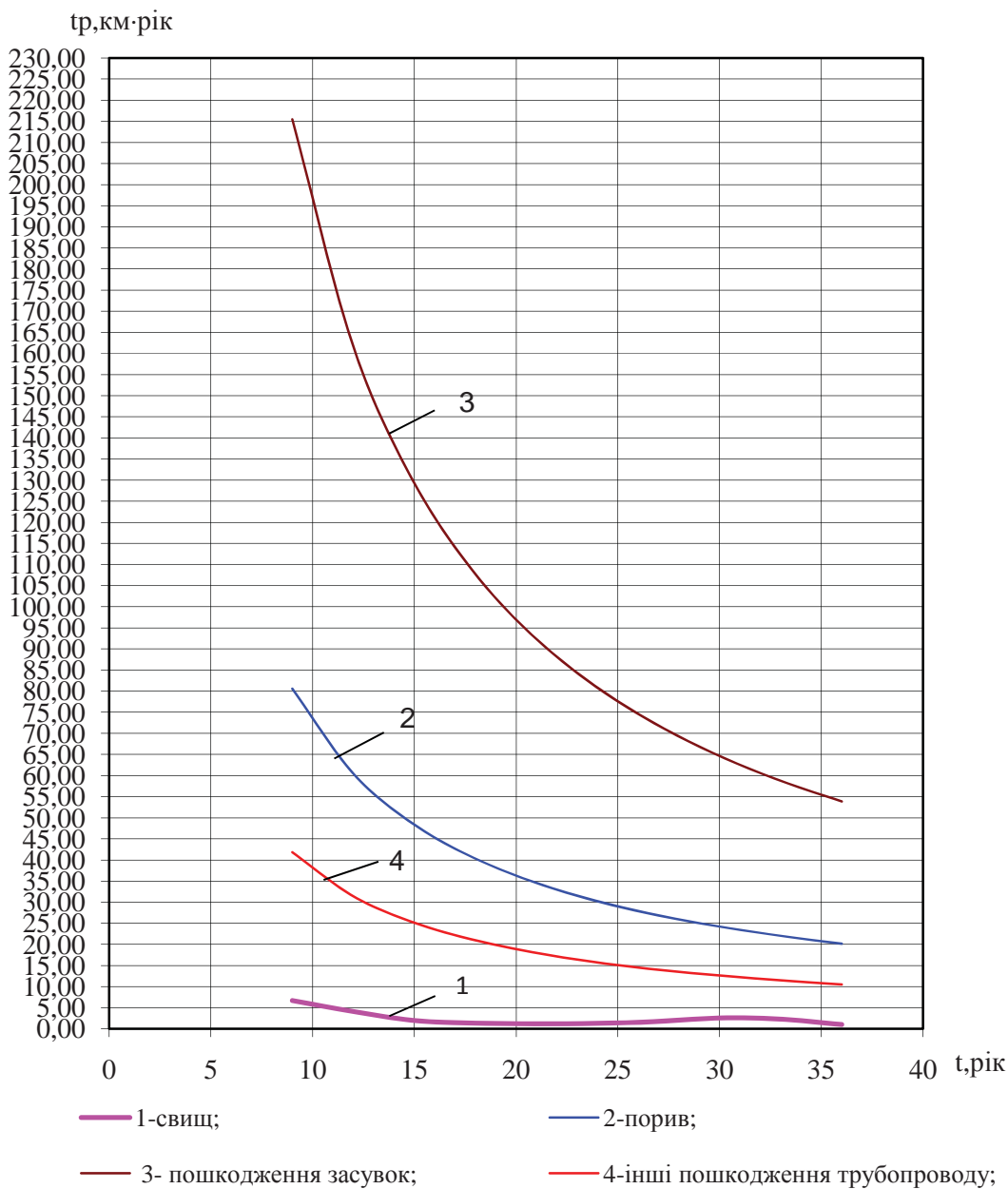


Рис. 3. Залежність часу напрацювання на відмову видів пошкоджень: свищів, поривів, засувок та інших пошкоджень трубопроводів теплових мереж від строку їх експлуатації

Із рис. 3 видно, що найменший час напрацювання на відмову характерний для свищів, а динаміка його зміни зворотно – пропорційна параметру потоку відмов з характерними точками, які відповідають трьом періодам, описаним вище.

Характер залежності часу напрацювання на відмову поривів, засувок та інших пошкоджень відрізняється від аналогічної залежності для свища. Причини цієї відмінності наведені вище.

Час напрацювання на відмову інших пошкоджень трубопроводу зменшується із збільшенням строку експлуатації теплопроводу від 41,829 (км·рік) - 9 рік експлуатації до 10,457 (км·рік) – 36 рік експлуатації, що відповідає зворотній залежності параметру потоку відмов інших пошкоджень.

Час напрацювання на відмову поривів змінюється зворотно – пропорційно параметру потоку відмов поривів і зменшується від 80,524 (км·рік) – 9 років до 20,131 (км·рік) – 36 років експлуатації.

Характер зміни часу напрацювання на відмову засувок відповідає зворотно – пропорційно параметру потоку відмов засувок і зменшується з 215,431 (км·рік) до 53,858 (км·рік), відповідно 9 і 36 років експлуатації теплопроводів.

Статистичні моделі імовірності безвідмовної роботи теплових мереж стосовно їх пошкоджень: свища, поривів, засувок, інших визначаються з використанням формули (3) і статистичних моделей залежності параметру потоку відмов конкретного пошкодження (4–7), наступним чином:

$$P(t)_c = e^{-1(4,364 - 1,144 t + 0,105 t^2 - 0,0037 t^3 + 0,00005 t^4)} \quad (12)$$

$$P(t)_п = e^{-1(0,0014)} \quad (13)$$

$$P(t)_з = e^{-1(0,00052)} \quad (14)$$

$$P(t)_д = e^{-1(0,0027)} \quad (15)$$

На основі одержаних статистичних моделей (12–15), побудований графік залежності імовірності безвідмовної роботи стосовно кожного із видів пошкоджень: свища, поривів, засувок, інших пошкоджень трубопроводів теплових мереж, який приведений на рис. 4.

Із рис. 4 видно, що найменша імовірність безвідмовної роботи характерна для свищів. При цьому характер зміни імовірності безвідмовної роботи вказаного виду пошкодження зворотно-пропорційний характеру зміни параметру потоку відмов співпадаючи по трьох періодах експлуатації теплопроводів. Характер зміни імовірності безвідмовної роботи пошкоджень засувок, поривів та інших пошкоджень відрізняються від аналогічного показника для свищів.

Характер зміни вказаних показників визначається характером змін значень параметрів потоку відмов (рис. 1). При цьому найбільша імовірність безвідмовної роботи за період експлуатації 9–36 років притаманна для пошкоджень засувок і прямолінійно зменшується від 0,995 до 0,982.; відповідно для поривів від 0,988 до 0,952; і для інших пошкоджень трубопроводу від 0,976 до 0,909.

При цьому вони прямолінійно зменшуються із збільшенням строку експлуатації трубопроводів.

Пояснення характеру залежності імовірності безвідмовної роботи пошкоджень свищів, поривів, засувок та інших від строку експлуатації теплових мереж витікає з пояснень характеру зміни параметру потоку відмов вказаних показників від строку експлуатації, які наведені раніше.

Висновки

1. Одержані статистичні моделі залежності параметру потоку відмов (ω), часу напрацювання на відмову (t_p) і імовірності безвідмовної роботи ($P(t)$) для видів пошкоджень: свища, поривів, засувок та інших пошкоджень для довгострокового періоду експлуатації трубопроводів теплових мереж.

2. Встановлено процентне співвідношення видів пошкоджень трубопроводів теплових мереж, яке відповідно складає: 84 % – свищі, 5 % – порив, 2 % – пошкодження засувок та 9 % – інші пошкодження.

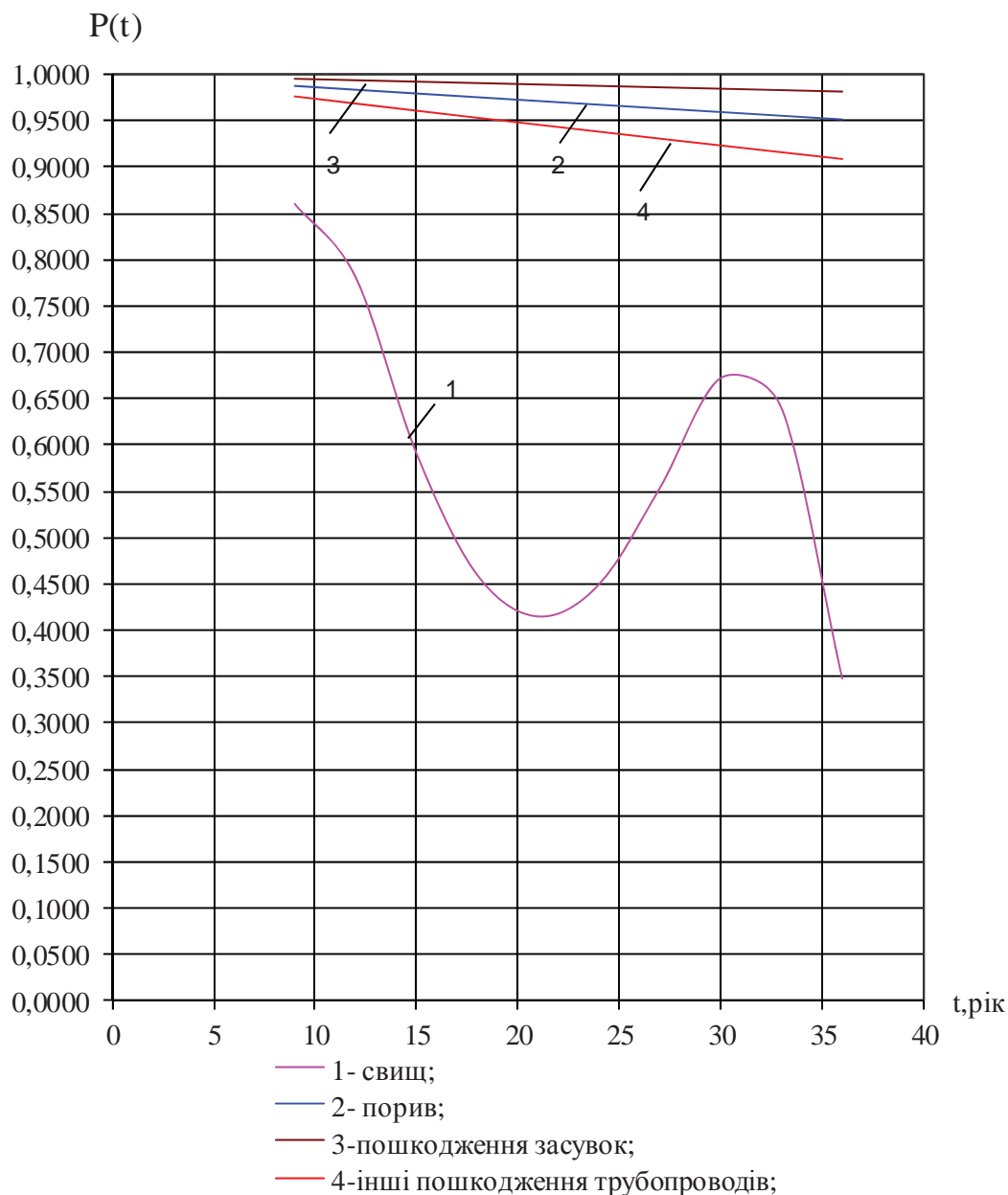


Рис. 4. Залежність імовірності безвідмовної роботи для пошкоджень: свищів, поривів, засувки та інших пошкоджень трубопроводів теплових мереж від строку їх експлуатації

Список літератури

1. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы. – М.: Энергия. 1974. – 256 с.
2. Стрижевский И. В., Сурис М. А. Защита подземных тепловых сетей от коррозии. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 344 с.
3. Ионин А. А. Надежность систем тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1989. – 268 с.
4. Родичев Л. В. Статистический анализ процесса коррозионного старения тепловых сетей. // «Строительство трубопроводов». 1994. – № 9. – С. 9–11.
5. Причины увеличения повреждений трубопроводов тепловых сетей от внутренней коррозии. Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских С. Е., Бессолицын С., Е. и др. // «Теплоэнергетика». 1993. – № 12. – С. 71–74.
6. Плавич А. Ю. Оценка и обеспечение уровня надежности водяных тепловых сетей. Автореферат. – М. – РГБ, 2005. – 17 с.
7. Лобко О. М. Методика анализа повреждаемости трубопроводов. Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. Вып. 93. – Техника, 2010. С. 321–324.

8. Лобко О. М. Методика вибору шагу експлуатації теплопроводів при дослідженні їх пошкоджуваності. Науковий вісник будівництва: Наук.-техн. сб. Вип. 58.: ХДТУБА, 2010. – С. 196–202.
9. Малявіна О. М. Дослідження показників надійності теплових мереж методами статистичного моделювання. Науковий вісник будівництва: Наук.-техн. сб. Вип. 61.: ХДТУБА, 2010. – С. 286–291.
10. Глюза А. Т., Яковлев Б. В., Лысенко Ю. Д., Мельцер М. Я., Шленок О. Ф. Прогнозирование повреждаемости подземных тепловых сетей // «Теплоэнергетика». 1989. – № 6. – С. 18–21.
11. Храменков С. В., Примин О. Г. Статистический анализ надежности трубопроводов Московского водопровода // «Водоснабжение и санитарная техника». 1999. – № 4. – С. 11–13.
12. Горин В. И., Соколов Е. Я., Зингер Н. М. Пути повышения теплофикации // «Теплоэнергетика». 1982. – № 8. – С. 19–24.
13. Умеркин Г. Х., Дроздов С. А., Гончаров А. М., Демиденко Н. Н. Определение остаточного ресурса тепловых сетей по статистическим данным об авариях. // «Новости теплоснабжения». 2007. – № 11. – С. 42–46.
14. Определение эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов. Э. В. Сазонов, М. С. Кононова. // Известия вузов. «Строительство». 2000 г. – № 2–3. – С. 62–64.
15. Сравнительный анализ эмпирических функций распределения отказов городских теплопроводов. Э. В. Сазонов, М. С. Кононова. // Известия вузов. «Строительство». 2000. – № 7–8. – С. 85–87.
16. Сазонов Э. В., Кононов А. А., Кононова М. С. Реализация метода прогнозирования состояния трубопроводов тепловых сетей на ЭВМ // Изв. Вузов. «Строительство». 2001. – № 7. – С. 68–70.
17. О повреждаемости тепловых сетей и резервировании источников для тепловых потребителей первой категории. Минич Э. П., Кнотько П. Н. // «Промышленная Энергетика». 1980. – № 5. – С. 42–43.

RESEARCH OF DAMAGES TYPES OF PIPELINES OF HEAT DISTRIBUTION SYSTEMS

O. M. MALYAVINA

There should be studied dependence of failures flow parameter, time between failures and the probability of failure-free operation on operation term and kind of damages of heating networks pipelines under repair, using methods of statistical modeling.

Key words: *damage, blowhole, fissure, flap, pipeline, operation, heating networks., parameter of failure flow, time between failures, probability of no-failure operation*

Поступила в редакцию 23.03 2010 г.